

## 多次元生体信号処理による新しい食品品質評価法の研究開発

著者	佐竹 隆顯
発行年	2011
その他のタイトル	DEVELOPMENT OF NEW METHOD FOR FOOD QUALITY EVALUATION BASED ON MULTIDIMENSIONAL BIOLOGICAL SIGNAL PROCESSING
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2241/115303">http://hdl.handle.net/2241/115303</a>

## 科学研究費補助金研究成果報告書

平成 23 年 5 月 30 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20380143

研究課題名（和文） 多次元生体信号処理による新しい食品品質評価法の研究開発

研究課題名（英文） DEVELOPMENT OF NEW METHOD FOR FOOD QUALITY EVALUATION BASED ON MULTIDIMENSIONAL BIOLOGICAL SIGNAL PROCESSING

研究代表者

佐竹 隆顕（SATAKE TAKAAKI）

筑波大学・大学院生命環境科学研究科・教授

研究者番号：00170712

研究成果の概要（和文）：

多次元生体信号処理による新しい食品品質評価法の開発に向け、脳波・心拍・唾液成分・腸音・腹部超音波動画像等の非侵襲計測可能な複数の生体信号から得られる特徴量を指標とした食品感性定量分析手法の構築に関する研究を行った。

研究成果の概要（英文）：

In order to develop the new food quality evaluation method by multi-dimension biosignal processing, study on establishment of the food sensitivity quantitative-analysis technics which made the index the amount of the features obtained from a number of biosignals such as brain waves, cardiac beats, salivary component, bowel sounds, abdomen ultrasonic dynamic image, etc. was carried out.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合 計
2008年度	8,100,000	2,430,000	10,530,000
2009年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2010年度	3,300,000	990,000	4,290,000
年度			
年度			
総 計	14,800,000	4,440,000	19,240,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業情報工学

キーワード：生体計測

## 1. 研究開始当初の背景

消費者のニーズに合った食品を提供するためには、開発した食品の品質が定量的に評価されていることが望ましい。しかし、食品開発の現場において、食品の安全性および栄養価に関する研究、さらに最近では食品の持つ機能に着目した研究等は盛んに行われているものの、食品開発に消費者の感性を反映させる方法は、パネルテスト程度の方法しか存在していないのが現状である。それに関連して、近年、近赤外分光装置や CCD カラーカメラ等の様々なセンサで食品の物性を多種多様な物理量として計測する研究や、食品

の品質の善し悪しを多面的に判断する基準設定のための研究が急速に進められている。その一方、人間の感性を判断基準とする食品品質評価の研究は、従来のパネルテストの代替となりうるレベルの評価法の開発・実用化には国内外を問わずまだ至らないのが現状である。しかし、生体信号に基づく食品感性評価の研究は、摂食時の人間の生理反応が極めて複雑であることから国内外を問わず端緒の段階にあり、パネルテストの代替技術開発という目標の達成に向けて更に多くの基礎研究の必要性が認識された。

## 2. 研究の目的

食品デザインの前提となる食品感性評価の確立に向けた発展研究を含め、本研究においては新たに「多次元生体信号処理による新しい食品品質評価法の開発」を目的としたより広範な人間の摂食時生理反応を統合化することを目的とした。本研究では脳波・心拍・唾液成分・腸音・腹部超音波動画画像等の非侵襲計測可能な複数の生体信号から得られる特徴量を指標とした食品感性定量分析手法の構築を行う一方、同手法を援用した新しい食品品質評価法の確立を目指したものである。

## 3. 研究の方法

下記のとおり3領域の各々について達成目標を設定し、これらを並行して遂行した。

### (1) 腸音計測による食品品質評価に関する研究

長時間腸音計測・解析システムの研究開発、およびこれを用いた小腸蠕動運動活性度定量評価法の検討を行った。さらに、食品感性分析における異種の生体信号・生体情報との併用に関する研究も行った。

長時間腸音計測・解析システムの研究開発では、ハードウェア面では長時間の高精度連続計測に耐えうる新型腸音記録センサの開発に取り組んだ。ソフトウェア面ではウェーブレットフィルタを応用したノイズ除去機構を導入し、高精度の検出プロセスを構成した。このシステムを用いて、消化の良い食品と悪い食品における小腸蠕動運動活性度の違いや絶食時の活性度などを調べた。

また、ストレスと腸音計測との関係を調べる実験も別途実施した。長時間腸音計測時の唾液アミラーゼ量を測定し、長時間腸音計測に伴うストレス量の変化について調べた。

### (2) 脳波・脳血流解析による食品感性分析に関する研究

脳情報を用いて食品感性を調べる実験を行った。脳の認知機能の検査としてよく行われるオドボール課題を応用し、様々な食品写真を被験者に呈示する視覚刺激時に記録した事象関連電位から、意識上の食嗜好および被験者本人も自覚していない潜在意識下の食嗜好の検出を試みた。

また、fMRI 計測実験を行い、さまざまな食品の摂取中における脳の活性化部位の調査も並行して行った。

### (3) 腹部超音波画像解析による食品品質評価に関する研究

腹部超音波動画画像(B-mode 像)解析によって、任意のタイミングにおける瞬間的な小腸の蠕動運動活性度を定量的に分析する手法

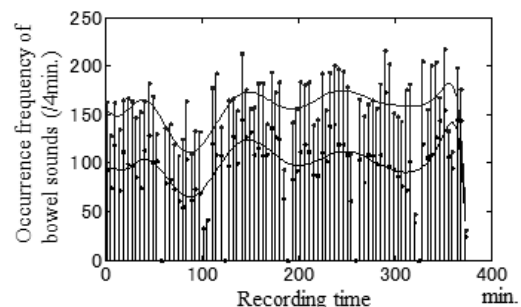
の研究開発を行った。医療機関で通常使用される超音波診断装置を用いて手動で計測されたB-mode 動画画像をPCに取り込み、取得画像に対してマスキングとオプティカルフロー処理を施した後に、そこで得られた消化物の移動を表すベクトル線図を基にして小腸蠕動運動活性度を単一の指標で表す手法を開発した。

## 4. 研究成果

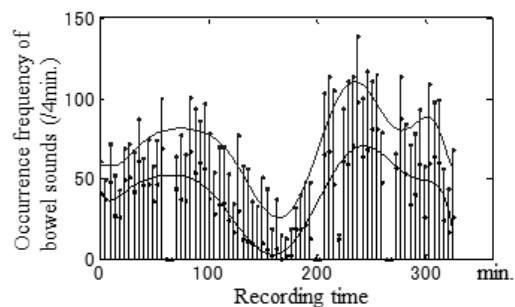
上記の3領域に分けて研究成果をまとめる。

### (1) 腸音計測による食品品質評価に関する研究

摂取した食品の消化の善し悪しと腸音発生頻度の長時間変動の関係を調査した。その一例を図1に示す。縦軸は腸音発生頻度、横軸は計測時間を表す。曲線で描かれたグラフは瞬時値である棒グラフの多項式曲線近似である。図1に示した以外に数種類の食品について腸音計測実験を行ったものの、食品の消化の善し悪しという点のみによる分類からは、特に明白な特徴をグラフから読み取ることができなかった。これは、記録時の被験者の体調の善し悪しの方が食品自体の消化特性よりも腸音発生頻度に与える影響が大



(a) バナナ摂取後

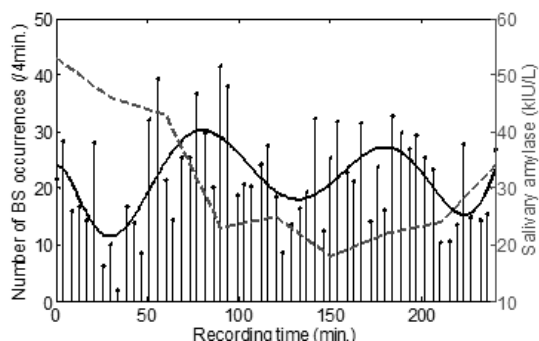


(b) カツ丼摂取後

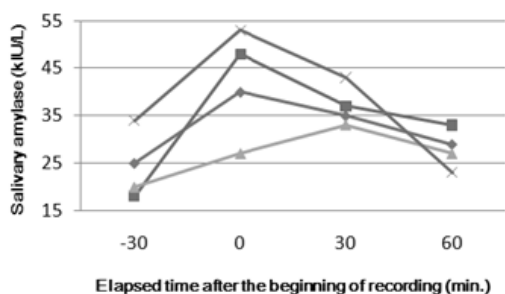
図1 長時間連続腸音計測結果

きいからではないかと思われる。同一の被験者によって、同じ食品摂取実験を複数回、また消化の善し悪しの各グループのメニューを増やして多くの実験を行い、統計的に比較する必要がある。

また、前述のように個人の体調が腸音発生頻度に大きく影響すると予想されるため、ストレス量と腸音発生頻度との関係を調べる実験を行った。結果例を図2に示す。図2(a)は長時間連続腸音計測中に定期的に唾液アミラーゼ量を測定した結果である。棒グラフが腸音発生頻度の瞬時値(左縦軸)、実線グラフがその多項式近似曲線、破線グラフが唾液アミラーゼ量(右縦軸)を表す。これによると、腸音発生頻度の経時変化と唾液アミラーゼ量の変化には認められなかった。すなわち、この実験からはストレスと腸音発生頻度との間に因果関係が見られなかった。しかし、唾液アミラーゼ量の変化からわかることは短期的なストレス量の変動であり、慢性的なストレス蓄積を瞬間的に測ることはできない。経験上、腸管活動の好調・不調は慢性的なストレスに起因すると考えられており、慢性的ストレス計測を同時に行えば、ストレスと腸音発生頻度との間に相関が見られるかもしれない。これは今後の課題である。



(a) 腸音発生頻度変化(実線)  
唾液アミラーゼ量変化(破線)



(b) 腸音計測前後のストレス量変化

図2 長時間腸音計測とストレスの関係

さらに、腸音計測そのものの実施に対して短期的なストレス変動が生じるか否かについて、唾液アミラーゼ計測によって調査を行った。その結果を図2(b)に示す。このグラフでは4試行分を示している。縦軸が唾液アミラーゼ量、横軸が腸音計測時間である。横軸0の時点が腸音計測開始時(開始直後)である。これによると、いずれの試行においても、計測開始30分前より計測開始後の方がストレス量が増大していることがわかる。それが、時間の経過にともなって低下している。これより、腸音計測そのものによって、短期的にはストレス量は増加・減少を呈することがわかる。図2(a)(b)より、短期的なストレス量の変動は、長時間腸音計測において特に考慮しなければならないパラメータではないことが考えられる。これは今後の長時間連続腸音計測・解析に役立つ知見である。

## (2) 脳波・脳血流解析による食品感性分析に関する研究

二者択一の認知機能を検出するための実験系を組み、好きな食品の写真・そうではない食品の写真を見た被験者が好きな食品を認知する様子を観察した。さらに、同一の実験系によって、本人が明確に意識上で好みだと把握していない食品の中に実は被験者が潜在的に嗜好している食品があるかどうかについても調査した。結果を表1に示す。第1列は、100枚の食品写真を被験者に呈示した際に、被験者が好きな食品であると100枚の中から選択した数である。第2列はその選択の中で、認知を表す事象関連電位成分(P300)が出現した数、第3列は選択されなかったものの中で認知を表す事象関連電位成分(P300)が出現した数である。これより、本人も気づかない潜在意識下の食嗜好が存在し、それを脳波によって検出できるかもしれないことがわかった。逆に、設定した実験系では、本人が自覚している自分の食嗜好をすべて検出することは難しいということがわかった。

表1 事象関連電位 P300 を利用した  
潜在意識下食嗜好の検出実験結果

Subject	Number of target stimuli	Target stimuli	Nontarget stimuli
Male, 22y	26	5 / 26	6 / 74
Female, 21y	9	1 / 9	6 / 91
Male, 23y	10	1 / 10	3 / 90
Male, 23y	25	2 / 25	7 / 75
Male, 22y	10	3 / 10	1 / 90

一方、別途、好きな食品群・嫌いな食品群を摂取中の fMRI 計測実験を行った。複数の被験者について、各被験者が自分の好きな味覚・嫌いな味覚を選択し、MRI 装置の中でそれを摂取した。選択した食品群は被験者ごとに異なり、被験者間で共通するのは、それが当人にとって好きな食品群・嫌いな食品群である、という点のみとした。その結果、好きな食品群と嫌いな食品群について、両者を明確に区別する脳血流量変化を認めることはできなかった。原因は複数考えられる。このような分け方では特定のパターンの脳内血流量の変化を呈することはない可能性、実験が複雑で食品摂取行動自体が大きなノイズ混入を誘発していた可能性、摂取する環境という悪条件が好きな味覚の影響を打ち消してしまった可能性、などが考えられる。

### (3) 腹部超音波画像解析による食品品質評価に関する研究

一般的に、超音波診断装置で小腸そのものの形状を描出することは困難であるが、小腸の中を移動する消化物の動きを描出することは比較的容易である。その性質を利用して、消化物の移動の様子を解析することによって、間接的に小腸の蠕動運動の活性度を定量的に評価する方法について検討した。

プロセスは次の通りである。画像取得→画像中の消化物領域の抽出→オプティカルフロー処理→定量分析評価関数による数値化、で実施された。図3はその解析例である。図3(b)(c)はそれぞれ、小腸内の消化物の瞬間的な微小移動を表すベクトル線図である。各ベクトル線図中の全ベクトルの総和をとって正規化したものが図3(a)である。図3(a)は約4秒間における小腸のある一部における消化物移動の様子を数値で表したものである。さらに図3(a)を積分することで、約4秒間の平均としての小腸蠕動運動活性度を数値で表現することができた。

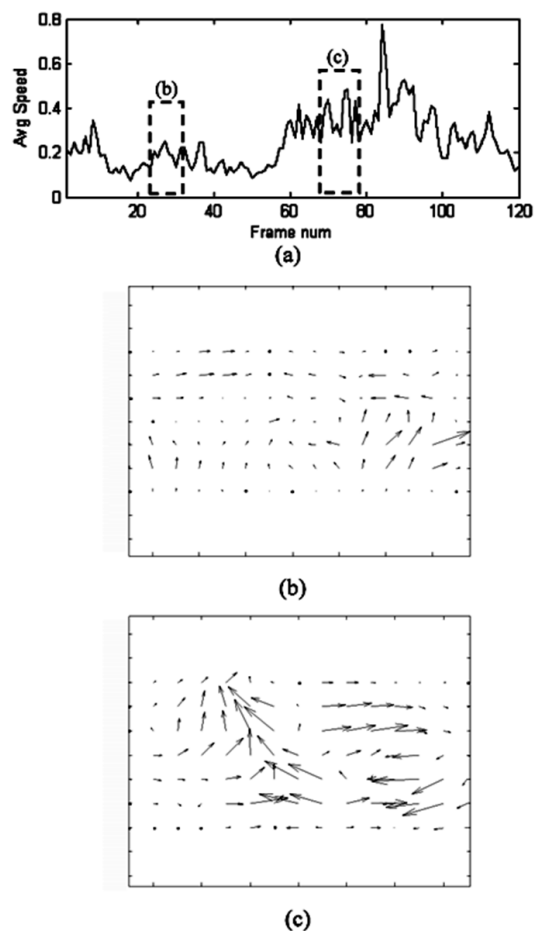


図3 US 動画画像解析による  
小腸蠕動運動活性度の定量表示例

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計8件)

- ① 阪田治, 鈴木裕, 松田兼一, 佐竹隆顕; 長時間消化活動モニタリングのためのロバスト腸音計測システム. 日本福祉工学会誌, Vol.12, No.1, pp.43-48, 2010. (査読有)
- ② 高智紅, 相良倫成, 野口剛, 阪田治, 佐竹隆顕; 熟成にともなう豚肉ロース部の物理化学的揭示変化および食味評価 (第1報) —物理的特性の変化—. 農業施設学会誌, Vol.41, No.1, pp.8-14, 2010. (査読有)

- ③ 高智紅, 相良倫成, 野口剛, 阪田治, 佐竹隆顕; 熟成にともなう豚肉ロース部の物理化学的揭示変化および食味評価 (第2報) —食味と物理的特性との関連—. 農業施設学会誌, Vol.41, No.1, pp.15-21, 2010. (査読有)
- ④ Osamu Sakata, Yutaka Suzuki; Visualization of Information Flows in a Brain Stemming from Alpha Waves. Proceedings of IEEE TENCON 2010, pp.1752-1756, 2010. (査読有)
- ⑤ 阪田治, 佐竹隆顕; 食品感性の定量化システムの構築. New Food Industry, Vol. 51, No. 2, 31-41, 2009. (査読無)
- ⑥ 阪田治, 騰川雄裕, 金子昌子, 佐竹隆顕; 人間の消化活動を指標とした食品品質評価に関する研究—多次元信号処理による腸音検出精度の向上—. 日本食品工学会誌, Vol. 9, No. 1, pp.51-57, 2008. (査読有)
- ⑦ Osamu Sakata, Kaoru Kohyama, Takaaki Satake, Yoichi Saito; Extraction of alpha activities from an EEG obtained during gum chewing. IEEEJ Trans. Electrical and Electronic Engineering, Vol. 3, No. 3, pp.324-333, 2008. (査読有)

[学会発表] (計19件)

- ① Osamu Sakata, Takamasa Shimada, Tadanori Fukami, Fumito Ishikawa, Bunnoshin Ishikawa, Yoichi Saito; Parallel use of directed information and directed coherence for EEG analysis. 29th International Congress of Clinical Neurophysiology, 2010/10/31.(Kobe, Japan)
- ② 高智紅, 阪田治, 相良倫成, 野口剛, 藤村忍, 院多本華夫, 北村豊, 佐竹隆顕; 熟成に伴う豚ロースの化学的特性と食味との関連. 農業施設学会 2010 年度大会, C-19, pp.115-116, 2010/08/31.(新潟市)
- ③ 阪田治, 佐竹隆顕, 橋本光; 超音波断層像解析による腸の消化活動活性度評価法. 日本食品工学会第 11 回年次大会, 2B10, 2010/08/05. (東京都)
- ④ Osamu Sakata, Takaaki Satake; Integration of different types of biological signals – bowel sound and salivary amylase –. Proc. of Ann. Int. Meeting of Amer. Soc. of Agricultur. and Biol. Eng., 2010/06/21.(Pittsburgh, PA, USA)
- ⑤ Osamu Sakata, Takaaki Satake, Yutaka Suzuki; Detection of Subconscious Tastes for Food using

Event-related Potential and fMRI. Proc. of Int. Conf. on Kansei Engineering and Emotion research 2010, 2010/03/03.(Paris, France)

- ⑥ 阪田治, 佐竹隆顕, 松田兼一, 院多本華夫, 橋本光; 絶食時の長時間連続腸音計測・解析. 農業環境工学関連学会 2009 年合同大会, 2009/09/18.(東京都)
- ⑦ 阪田治, 佐竹隆顕, 院多本華夫, 橋本光; 脳波解析による直感的食嗜好調査. 日本食品工学会第 10 回(2009 年度)年次大会, 1C06, 2009/08/01.(石川県野々市町)
- ⑧ Osamu Sakata, Yusuke Togawa, Ken-ichi Matsuda, Takaaki Satake; Development of a Convenient Long-time Measurement System of Bowel Sound. Conf. of Food Eng., 2009/04/06. (Columbus, OH, USA)
- ⑨ 阪田治, 騰川雄裕, 橋本光, 佐竹隆顕; 長時間腸音計測のための低負荷センシングシステムの開発. 2008 年度農業施設学会年次大会, 2008/08/21.(つくば市)
- ⑩ Osamu Sakata, Yusuke Togawa, Ken-ichi Matsuda, Takaaki Satake; Long-time measurement and temporal change analysis of bowel sound for observation of enterokinesis. Int. Conf. on Electrical Engineering 2008, 2008/07/09.(Ginowan,Okinawa)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

佐竹 隆顕 (SATAKE TAKAAKI)  
筑波大学・大学院生命環境科学研究科・教授  
研究者番号: 001700712

### (2) 研究分担者

椎名 毅 (SHIINA TSUYOSHI)  
京都大学・医学研究科・教授  
研究者番号: 40192603

門間 正彦 (MONMA MASAHIKO)  
茨城県立医療大学・保健医療学部・准教授  
研究者番号: 10274987

阪田 治 (SAKATA OSAMU)  
山梨大学・医学工学総合研究部・准教授  
研究者番号: 30391197